

rev 31 Jan 2002, 628

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. November 2004 (11.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/097180 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F01D 5/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2004/000656**

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. März 2004 (29.03.2004)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
103 19 019.8 27. April 2003 (27.04.2003) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **MTU AERO ENGINES GMBH [DE/DE];**
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HANREICH, Klaus**
[DE/DE]; Am Holze 30a, 30900 Wedemark (DE).

(74) Anwälte: **SÖLLNER, Oliver** usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM - C106, 70546 Stuttgart (DE).

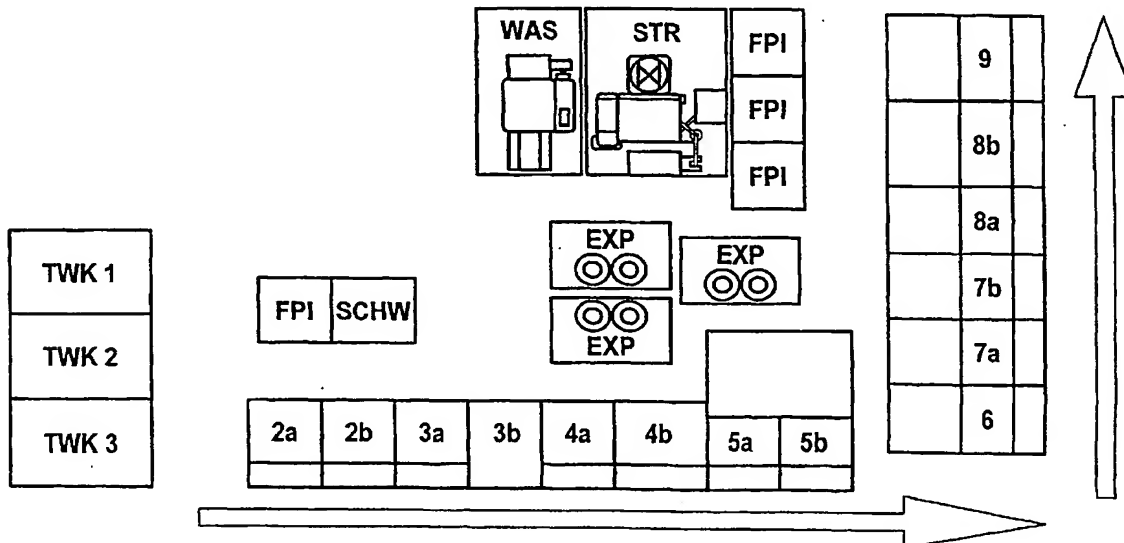
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD FOR THE MAINTENANCE AND REPAIR OF GAS TURBINES**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR WARTUNG UND REPARATUR VON GASTURBINEN**



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for the maintenance, especially repair, of gas turbines, especially aeroplane mechanisms. Gas turbines, for example aeroplane mechanisms, are dismantled, and modules and/or structural components and/or component parts of the gas turbines are subsequently inspected and/or repaired. Then, gas turbines based on inspected and/or repaired and/or new modules and/or structural components and/or component parts are mounted. According to the invention, repair is divided into at least two steps. The modules and/or structural components and/or component parts of at least one gas turbine are displaced through the repair stations in order to displace the modules and/or structural components and/or component parts of the or each gas turbine in order to carry out the repair steps in the repair stations adjusted therefor.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/097180 A1

loc' 31 JAN 2005

WG 2004/097180 A1



TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken. Gasturbinen, zum Beispiel Flugzeugtriebwerke, werden demontiert, wobei anschließend Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der Gasturbinen inspiziert und/oder repariert werden, und wobei anschließend Gasturbinen aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen montiert werden. Erfindungsgemäß wird die Reparatur in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt, wobei die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile mindestens einer Gasturbine durch Reparaturstationen bewegt werden, um die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der oder jeder Gasturbine zur Ausführung der Reparaturschritte in hierfür angepasste Reparaturstationen zu bewegen.

VERFAHREN ZUR WARTUNG UND REPARATUR VON GASTURBINEN

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, d.h. Flugzeugtriebwerken oder stationären Gasturbinen, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Der Wartung bzw. Instandhaltung, insbesondere der Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, kommt bei der Ermittlung der direkten Betriebskosten eines Flugzeugs eine entscheidende Rolle zu. So sind in etwa 30 % der direkten Betriebskosten eines Flugzeugs den Flugzeugtriebwerken zuzuordnen, wobei in etwa ein Drittel der die Triebwerke betreffenden Betriebskosten auf die Instandhaltung der Flugtriebwerke entfällt. Insofern machen die Kosten für die Instandhaltung von Flugtriebwerken in etwa 10 % der gesamten direkten Betriebskosten eines Flugzeugs aus. Hieraus folgt unmittelbar, dass eine effiziente und kostengünstige Instandhaltung bzw. Wartung und Reparatur von Flugzeugtriebwerken für Fluggesellschaften von entscheidender Bedeutung ist. Ähnliches gilt auch für stationäre Gasturbinen.

Bislang wurde bei der Instandhaltung bzw. Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, nach dem sogenannten Werkstattprinzip vorgegangen. Bei dem sogenannten Werkstattprinzip verbleibt die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, zumindest in Teilen an einer Position bzw. an einem Ort. Benötigtes Arbeitsmaterial, benötigte Arbeitswerkzeuge sowie benötigtes Arbeitspersonal werden zeitlich so an die Gasturbine bzw. das Flugzeugtriebwerk herangeführt, dass möglichst wenige Störungen auftreten und eine zugesagte Instandhaltungszeit der Gasturbine, insbesondere des Flugzeugtriebwerks, eingehalten werden kann.

Die Instandhaltung bzw. Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, nach dem sogenannten Werkstattprinzip verfügt jedoch über den Nachteil, dass die Instandhaltung keiner definierten Prozessstruktur folgt. Vielmehr werden Arbeiten an der Gasturbine bzw. am Flugzeugtriebwerk in nahezu beliebiger Reihenfolge durchgeführt, wodurch sich insbesondere dann, wenn gleichzeitig mehrere Gasturbinen bzw. Flugzeugtriebwerke gewartet werden, Störungen und Verzögerungen bei der Wartung

desselben einstellen können. Eine Wartung nach dem sogenannten Werkstattprinzip verfügt demnach über die Nachteile, dass einerseits keine klare Prozessstruktur besteht und dass andererseits lange Zeiten für die Wartung bzw. Instandhaltung benötigt werden. Dies beeinträchtigt die Effizienz der Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, bzw. von Modulen derselben zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Bei der Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, werden Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, demontiert. Anschließend werden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der Gasturbinen, insbesondere der Flugzeugtriebwerke, inspiziert und/oder repariert. Darauffolgend werden Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen montiert. Erfindungsgemäß wird die Reparatur in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt wird, wobei die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile mindestens einer Gasturbine bzw. Flugzeugtriebwerks durch Reparaturstationen bewegt werden, um die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der oder jeder Gasturbine zur Ausführung der Reparaturschritte in hierfür angepasste Reparaturstationen zu bewegen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, schlägt erstmals vor, die Reparatur von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, nach einem sogenannten Fließbandprinzip vorzunehmen. Es ist demnach eine grundlegende Erkenntnis der hier vorliegenden Erfindung, dass das Fließbandprinzip auch für Reparaturarbeiten geeignet ist. Mit der Erfindung wird das Vorurteil überwunden, dass das Fließbandprinzip nur bei der Neuproduktion von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, geeignet sei, jedoch

nicht für die Reparatur derselben. Dieses Vorurteil aus dem Stand der Technik liegt darin begründet, dass bei der Neuproduktion aus Einzelteilen oder Rohstoffen mit einer definierten Beschaffenheit ein neuer Artikel entsteht, wohingegen bei der Reparatur ein Artikel mit unbekannter Beschaffenheit demontiert, inspiziert, repariert und darauffolgend montiert werden muss. Im Unterschied zur Neuproduktion sind bei der Reparatur von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, die erforderlichen Arbeitsschritte nicht stets gleich, sondern immer abhängig von der konkreten Beschaffenheit der zu reparierenden Gasturbine bzw. des Flugzeugtriebwerks. Die hier vorliegende Erfindung zeigt jedoch, dass auch bei der Reparatur von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, ein Fließbandprinzip erfolgreich eingesetzt werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine hohe Effizienz bei der Reparatur und eine kurze Wartungszeit. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, ist sehr flexibel.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Reparatur der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in unterschiedlichen Reparaturlinien durchgeführt, wobei nach Inspektion der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile entschieden wird, welcher Reparaturlinie ein zu reparierendes Modul und/oder Baugruppe und/oder Einzelteil zugeführt. Für die Entscheidung, welcher der Reparaturlinien ein Modul und/oder eine Baugruppe und/oder ein Einzelteil zugeführt wird, ist der Schwerpunkt der auszuführenden Reparaturarbeiten maßgeblich.

Vorzugsweise werden innerhalb einer Reparaturlinie hintereinander mehrere Reparaturschritte ausgeführt werden, wobei zur Ausführung der Reparaturschritte die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in einem Takt, also diskontinuierlich, in angepasste Reparaturstationen bewegt werden.

Zusätzlich zu den Reparaturstationen der Reparaturlinien werden Zentralreparaturstationen vorgesehen, wobei den Zentralreparaturstationen Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile aus unterschiedlichen Reparaturlinien zugeführt werden. Hierdurch wird eine hohe Prozessstabilität gewährleistet, da zeitintensive Arbeiten in Zentralreparaturstationen durchgeführt werden, die den zeitlichen Ablauf innerhalb der Reparaturlinien nicht beeinträchtigen.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden innerhalb der Reparaturlinien zumindest für einige der Reparaturschritte mehrere identische Reparaturstationen vorgesehen, so dass innerhalb einer Reparaturlinie gleichzeitig an unterschiedlichen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen gleiche Reparaturschritte durchgeführt werden können. Hierdurch kann der Takt der Reparaturlinien verkürzt und die Effizienz des Verfahrens gesteigert werden.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: ein Signalflussdiagramm zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens, umfassend Demontage eines Flugzeugtriebwerks, Reparatur von Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen des Flugzeugtriebwerks, Montage des Flugzeugtriebwerks;

Fig. 2: ein detaillierteres Signalflussdiagramm eines Blocks des Signalflussdiagramms gemäß Fig. 1 zur Verdeutlichung der Reparatur des Flugzeugtriebwerks;

Fig. 3: ein Blockschaltbild einer konkreten Reparaturlinie; und

Fig. 4: einen stark schematisierten Querschnitt durch ein zu reparierendes Flugzeugtriebwerk.

Anhand der Fig. 1 bis 4 wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Wartung bzw. Instandhaltung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen am Beispiel eines Flugzeugtriebwerks in größerem Detail beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein stark schematisiertes Signalflussdiagramm bzw. Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens. So zeigt Fig. 1 die Demontage, Reparatur sowie anschließende Montage des Flugzeugtriebwerks. Fig. 2 zeigt ein detaillierteres Blockschaltbild betreffend die eigentliche Reparatur von Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen eines Flugzeugtriebwerks, Fig. 3 zeigt ein detaillierteres Blockschaltbild einer konkreten Reparaturlinie.

Gemäß Fig. 1 wird in einem ersten Schritt 10 ein zu wartendes Flugzeugtriebwerk in Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile zerlegt bzw. demontiert. Dem Schritt 10 ist vorzugsweise eine Reinigung des Flugzeugtriebwerks vorgeschaltet.

An die Demontage des Flugzeugtriebwerks gemäß Schritt 10 schließt sich ein Schritt 11 an, in welchem die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile des Flugzeugtriebwerks inspiziert und/oder repariert werden. Ergibt im Schritt 11 die Inspektion, dass ein Modul und/oder eine Baugruppe und/oder ein Einzelteil des Flugzeugtriebwerks unbeschädigt ist, so kann eine Reparatur desselben selbstverständlich entfallen.

Im Anschluss an die Inspektion und ggf. Reparatur gemäß Schritt 11 wird in einem Schritt 12 ein Flugzeugtriebwerk zusammengesetzt bzw. montiert. Bei der Montage des Flugzeugtriebwerks wird ein Flugzeugtriebwerk aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen bzw. Baugruppen bzw. Einzelteilen zusammengesetzt. Ergibt nämlich die Inspektion in Schritt 11, dass ein Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil des Flugzeugtriebwerks nicht mehr repariert werden kann, so wird dasselbe durch ein neues bzw. neuwertiges Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil ersetzt.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft in erster Linie die Reparatur der Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile von Flugzeugtriebwerken im Sinne des Schritts 11 und ist unabhängig von der Demontage und Montage.

Erfindungsgemäß wird die Reparatur in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt wird, wobei die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile mindestens eines Flugzeugtriebwerks durch Reparaturstationen bewegt werden, um die Module und/oder

Baugruppen und/oder Einzelteile des oder jeden Flugzeugtriebwerks zur Ausführung der Reparaturschritte in hierfür angepasste Reparaturstationen zu bewegen. Die zu reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile verbleiben demnach nicht an einem Ort bzw. an einer Position, sondern sie werden vielmehr unter Veränderung des Orts durch unterschiedliche Reparaturstationen bewegt. Es liegt demnach im Sinne der Erfindung, für die Wartung bzw. Reparatur von Flugzeugtriebwerken erstmalig das sogenannte Fließbandprinzip einzusetzen.

Fig. 1 verdeutlicht bzw. visualisiert die Unterteilung der Reparatur gemäß Schritt 11 in unterschiedliche Reparaturschritte. Nachdem ein Flugzeugtriebwerk im Schritt 10 in Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile zerlegt worden ist, wird ein zu reparierendes Modul bzw. Baugruppe bzw. Einzelteil nachfolgend Reparaturschritten 13, 14, 15, 16, 17, 18 und 19 unterzogen. Zur Ausführung der Reparaturschritte 13 bis 19 wird das Modul bzw. die Baugruppe bzw. das Einzelteil in einem bestimmten Takt durch hintereinander angeordnete Reparaturstationen bewegt. Jede der Reparaturstationen ist an den auszuführenden Reparaturschritt derart angepasst, dass in der Reparaturstation benötigte Arbeitswerkzeuge sowie Arbeitsmaterialien bereitgehalten werden.

Beim Reparaturschritt 13 handelt es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 um einen Reinigungsschritt des zu reparierenden Moduls bzw. der Baugruppe bzw. des Einzelteils. Im Reparaturschritt 14 findet eine Rissprüfung und im Reparaturschritt 15 eine Schweißbearbeitung des zu reparierenden Moduls bzw. der Baugruppe bzw. des Einzelteils statt. In Reparaturschritt 16 werden Schleifarbeiten, im Reparaturschritt 17 Montagearbeiten und im Reparaturschritt 18 Bohrungen am zu reparierenden Modul bzw. der Baugruppe bzw. dem Einzelteil vorgenommen. Im Reparaturschritt 19 erfolgt im gezeigten Ausführungsbeispiel eine abschließende Prüfung des reparierten Moduls bzw. der Baugruppe bzw. des Einzelteils.

Die einzelnen Reparaturschritte 13 bis 19 sowie die hierfür vorgesehenen Reparaturstationen definieren eine klare Prozessstruktur und bilden so eine Reparaturlinie. Die Reihenfolge der auszuführenden Reparaturschritte ist klar definiert und vorgegeben. Kreuzungen sowie Überschneidungen in der Prozesskette bzw. Reparaturlinie werden mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens vermieden.

Es liegt im Sinne der Erfindung die Bewegung der zu reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile durch eine Reparaturlinie gemäß dem Block 11, die durch die Reparaturschritte 13 bis 19 definiert wird, in einem vorgegebenen Takt zu bewegen. Der Takt ist dabei vorzugsweise an die in der jeweiligen Reparaturlinie durchzuführenden Reparaturschritte angepasst.

Fig. 1 kann entnommen werden, dass neben den in einer Reparaturlinie zusammengefassten Reparaturschritten 13 bis 19, die in hintereinander angeordneten Reparaturstationen durchgeführt werden, außerhalb der Reparaturlinie Zentralreparaturschritte 20, 21 in hierfür vorgesehenen Zentralreparaturstationen durchgeführt werden können. In den Zentralreparaturstationen werden vorzugsweise solche Zentralreparaturschritte durchgeführt, die zeitintensiv sind und den Takt einer Reparaturlinie nicht bestimmen sollen. Es kann sich hierbei zum Beispiel um Wärmebehandlungsprozesse, Waschprozesse oder Galvanisierungsprozesse handeln. Unabhängig von der Reparaturlinie und dem Takt einer Reparaturlinie werden diese Zentralreparaturschritte 20, 21 von der Reparaturlinie entkoppelt durchgeführt. Dies erhöht die Stabilität des gesamten Reparaturverfahrens.

Fig. 2 verdeutlicht das erfindungsgemäße Verfahren in größerem Detail. So zeigt Fig. 2 wiederum den Schritt 10 der Demontage von Flugzeugtriebwerken in Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile. Wie bereits erwähnt, ist dem Schritt 10 eine Reinigung der Flugzeugtriebwerke vorgeschaltet, wobei hier die Flugzeugtriebwerke als Einheit gereinigt werden.

Im Anschluss an den Schritt 10 und vor der eigentlichen Reparatur im Sinne des Schritts 11 ist ein Schritt 22 vorgesehen, in dem die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile einer Inspektion unterzogen werden. Abhängig von dieser Inspektion der zu reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile werden dieselben einer der im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 gezeigten Reparaturlinien 23, 24 oder 25 zugeführt. Die Entscheidung, welcher der Reparaturlinien 23, 24 oder 25 ein zu reparierendes Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil zugeführt wird, hängt vom Schwerpunkt der durchzuführenden Reparaturarbeiten ab.

So handelt es sich im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 bei der Reparaturlinie 23 um eine beschichtungsintensive Reparaturlinie, bei der Reparaturlinie 24 um eine schweißintensive Reparaturlinie und bei der Reparaturlinie 25 um eine nicht-schweißintensive Reparaturlinie. Zusätzlich zu den hier exemplarisch aufgeführten Reparaturlinien können selbstverständlich weitere Reparaturlinien, so zum Beispiel eine Reparaturlinie für Lüfter-Module oder Fan-Case-Module bzw. Baugruppen oder Einzelteilen derselben, eine Reparaturlinie für Verdichter oder eine Reparaturlinie für gering beschädigte Module bzw. Einzelteile bzw. Baugruppen vorgesehen sein.

Jede der Reparaturlinien 23, 24 und 25 umfasst mehrere hintereinander auszuführende Reparaturschritte. Bei der Reparaturlinie 23 sind insgesamt fünf Reparaturschritte 26, 27, 28, 29 und 30 hintereinander geschaltet. Bei der Reparaturlinie 24 sowie bei der Reparaturlinie 25 sind drei Reparaturschritte 31, 32 und 33 bzw. 34, 35 und 36 hintereinander geschaltet. Die Anzahl der Reparaturschritte ist rein exemplarischer Natur und kann selbstverständlich variiert werden.

Zur Ausführung der jeweiligen Reparaturschritte werden die zu reparierenden Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile in den jeweiligen Reparaturlinien 23, 24 sowie 25 durch hintereinander angeordnete Reparaturstationen bewegt. Jede der Reparaturlinien arbeitet nach einem vorbestimmten Takt, wobei die Takte der einzelnen Reparaturlinien voneinander abweichen können.

Fig. 2 zeigt auch wiederum zwei Zentralreparaturschritte 37 und 38, die außerhalb der jeweiligen Reparaturlinien 23, 24 und 25 durchgeführt werden. Für jeden Zentralreparaturschritt 37, 38 ist wiederum eine Zentralreparaturstation vorgesehen. Den Zentralreparaturstationen können aus allen Reparaturlinien 23, 24 und 25 zu reparierende Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile zugeführt werden. Dies hängt selbstverständlich davon ab, ob die in der jeweiligen Zentralreparaturstation durchzuführenden Zentralreparaturschritte für ein konkret zu reparierendes Bauteil von Bedeutung sind. Nachdem ein zu reparierendes Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil aus einer Reparaturlinie in eine Zentralreparaturstation überführt wurde, wird

dasselbe Bauteil nach Vollendung des entsprechenden Zentralreparaturschritts wieder der Reparaturlinie zugeführt, aus derselbe ausgeschleust worden ist.

Nach durchgeführter Reparatur werden die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile im Sinne eines Schritts 39 einer abschließenden Inspektion unterzogen, ob die Reparatur erfolgreich durchgeführt worden ist.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile unterschiedlichster Typen von Flugzeugtriebwerken nach dem Fließbandprinzip repariert werden können. Die Flugzeugtriebwerke, deren Module mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gewartet bzw. repariert werden können, sind Serientriebwerke und dem hier angesprochenen Fachmann geläufig. Fig. 4 zeigt exemplarisch und stark schematisiert Module bzw. Baugruppen eines zu reparierenden Flugzeugtriebwerks 40. Das Flugzeugtriebwerk 40 gemäß Fig. 4 verfügt über ein Hauptlüfterrad-Modul 41, ein Fan-Case-Modul bzw. Lüfter-Modul 42, ein Niederdruckturbinen-Modul 43, ein Hochdruckturbinen-Modul 44 und ein Hochdruckverdichter-Modul 45 umfassend die Baugruppen Hochdruckverdichter 46 und Brennkammer 47.

Bedingt durch die Strukturierung der Reparatur in Reparaturlinien, wobei innerhalb der Reparaturlinien die zu reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile Schritt für Schritt durch hintereinander angeordnete Reparaturstationen bewegt werden, ergibt sich eine klare Prozessstruktur. Die zur Wartung bzw. Reparatur eines Flugzeugtriebwerks benötigten Zeiten sind besser planbar. Fremdteile können in das erfindungsgemäße Verfahren eingeschleust werden. Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet nach einem "first come, first serve" Prinzip. Das bedeutet, dass ein Bauteil, welches zuerst in den Bereich einer konkreten Reparaturstation bzw. Zentralreparaturstation bewegt wird, auch zuerst bearbeitet wird. Da die Anzahl der Reparaturschritte für jedes zu reparierende Modul bzw. Baugruppe bzw. Einzelteil abhängig vom Zustand desselben variieren kann, ergibt sich hieraus, dass selbstverständlich ein Bauteil, welches nach einem anderen Bauteil einer Reparaturlinie zugeführt worden ist, vor diesem Bauteil die Reparaturlinie wieder verlassen kann. Das erfindungsgemäße Verfahren

arbeitet demnach nicht nach einem "first in, first out" Prinzip. Hierdurch wird die Effektivität der Reparatur von Flugzeugtriebwerken deutlich verbessert.

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer konkreten Reparaturlinie. So sind im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 insgesamt vierzehn Reparaturstationen 2a bis 9 hintereinander angeordnet, wobei zu reparierende Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile von Flugzeugtriebwerken in Richtung der Pfeile durch die Reparaturstationen 2a bis 9 bewegt werden und zwar abhängig davon, ob ein konkret zu reparierendes Modul bzw. Baugruppe bzw. Einzelteil dem in der jeweiligen Reparaturstation durchzuführenden Reparaturschritt unterzogen werden muss. Ein zu reparierendes Modul bzw. Baugruppe bzw. Einzelteil muss demnach nicht alle Reparaturstationen durchlaufen.

Der Nomenklatur der Reparaturstationen gemäß Fig. 3 kann entnommen werden, dass lediglich acht der vierzehn Reparaturstationen 2a bis 9 der Durchführung unterschiedlicher Reparaturschritte dienen. So dienen die Reparaturstationen 2a, 2b sowie 3a, 3b sowie 4a, 4b usw. jeweils der Durchführung eines identischen Reparaturschritts. In einer Reparaturlinie sind demnach für einige der Reparaturschritte mehrere identische Reparaturstationen vorgesehen. Innerhalb einer Reparaturlinie können demnach gleichzeitig an unterschiedlichen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen unterschiedlicher Flugzeugtriebwerke gleiche Reparaturschritte durchgeführt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass der Takt in der Reparaturlinie auch dann eingehalten werden kann, wenn für einige der Reparaturschritte eine längere Bearbeitungszeit erforderlich sein sollte.

Neben den Reparaturstationen 2a bis 9 zeigt Fig. 3 weitere Arbeitsstationen. Die Arbeitsstationen mit der Bezeichnung FPI dienen einer optischen Rissprüfung der zu reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile. Bei der Arbeitsstation mit der Bezeichnung STR handelt es sich um eine Strahlanlage, in der eine Oberflächenbearbeitung durchgeführt werden kann. Die Arbeitsstationen, die mit EXP bezeichnet sind, dienen einer Durchmesserdehnung zu bearbeitender Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile. Die im linken Bereich der Fig. 3 gezeigten Stationen, die mit TWK1, TWK2 sowie TWK3 bezeichnet sind, dienen der Durchführung eventuell

erforderlicher Demontagearbeiten an Modulen und/oder Baugruppen der unterschiedlichen Typen von Flugzeugtriebwerken. Weiterhin zeigt Fig. 3 eine Waschstation zur Reinigung von Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen, die mit WAS bezeichnet ist. Weiterhin kann eine nicht gezeigte Einlastzone als Puffer für Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile, die der Reparaturlinie zugeführt werden, vorhanden sein. Auch können Bereiche mit Stationen zur Durchführung von Schweiß-, Bohr-, Montage-, Mess- oder Einstellarbeiten vorhanden sein. Eine Schweißstation ist mit SCHW bezeichnet.

Mithilfe der Erfindung wird erstmals vorgeschlagen, bei der Reparatur bzw. Wartung bzw. Instandhaltung von Flugzeugtriebwerken ein sogenanntes Fließbandprinzip einzusetzen. Damit wird das aus dem Stand der Technik bekannte Vorurteil überwunden, dass sich ein Fließbandprozess für Wartungsarbeiten bzw. Reparaturarbeiten nicht eignet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, wobei Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, inspiziert und/oder repariert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reparatur in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt wird, wobei zu reparierende Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile mindestens einer Gasturbine durch Reparaturstationen bewegt werden, um die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der oder jeder Gasturbine zur Ausführung der Reparaturschritte in hierfür angepasste Reparaturstationen zu bewegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reparatur der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in unterschiedlichen Reparaturlinien durchgeführt wird, wobei nach Inspektion der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile entschieden wird, welcher Reparaturlinie ein zu reparierendes Modul und/oder Baugruppe und/oder Einzelteil zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reparatur der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in jeder der Reparaturlinien in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Reparaturlinien eine beschichtungsintensive Reparaturlinie und/oder eine schweißintensive Reparaturlinie und/oder eine nicht-schweißintensive Reparaturlinie bereitgestellt werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, diskontinuierlich, nämlich in

einem Takt, durch die Reparaturstationen bzw. die Reparaturlinien bewegt werden.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb einer Reparaturlinie hintereinander mehrere Reparaturschritte ausgeführt werden, wobei zur Ausführung der Reparaturschritte die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in angepasste Reparaturstationen bewegt werden, wobei zumindest für einige der Reparaturschritte mehrere identische Reparaturstationen vorgesehen werden, so dass innerhalb einer Reparaturlinie gleichzeitig an unterschiedlichen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen gleiche Reparaturschritte durchgeführt werden können.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zu den Reparaturstationen der Reparaturlinien Zentralreparaturstationen vorgesehen werden, wobei den Zentralreparaturstationen Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile aus unterschiedlichen Reparaturlinien zugeführt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Zentralreparaturstationen eine Wärmebehandlungsstation und/oder Waschstation und/oder Galvanisierungsstation bereitgestellt werden.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das nach der Reparatur die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile inspiziert werden.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor der Reparatur die Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, in Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile demontiert werden.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor der Demontage die Gasturbinen, insbesondere die Flugzeugtriebwerke, als Einheit vorgereinigt werden, und dass vorzugsweise die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile vor der Reparatur nachgereinigt werden.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach der Reparatur Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen montiert werden.

Fig. 1

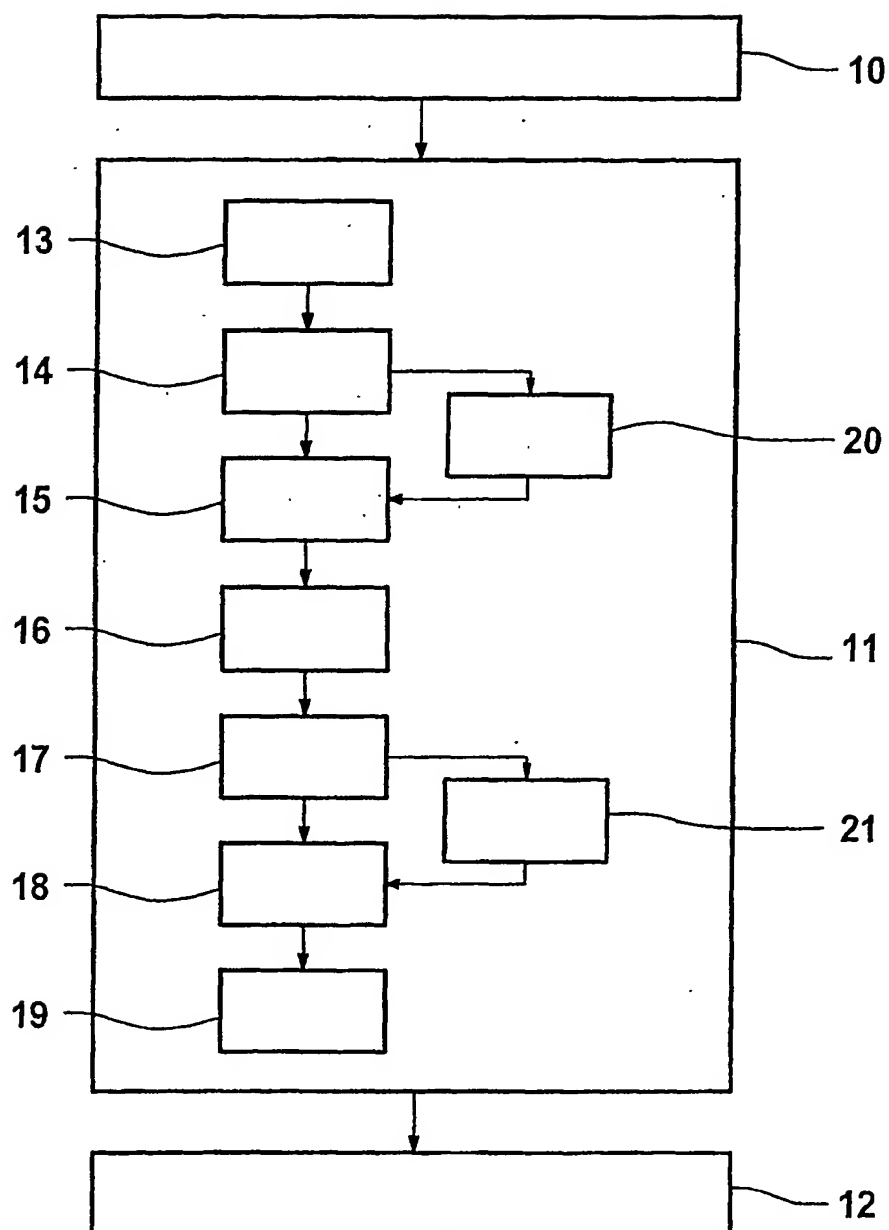


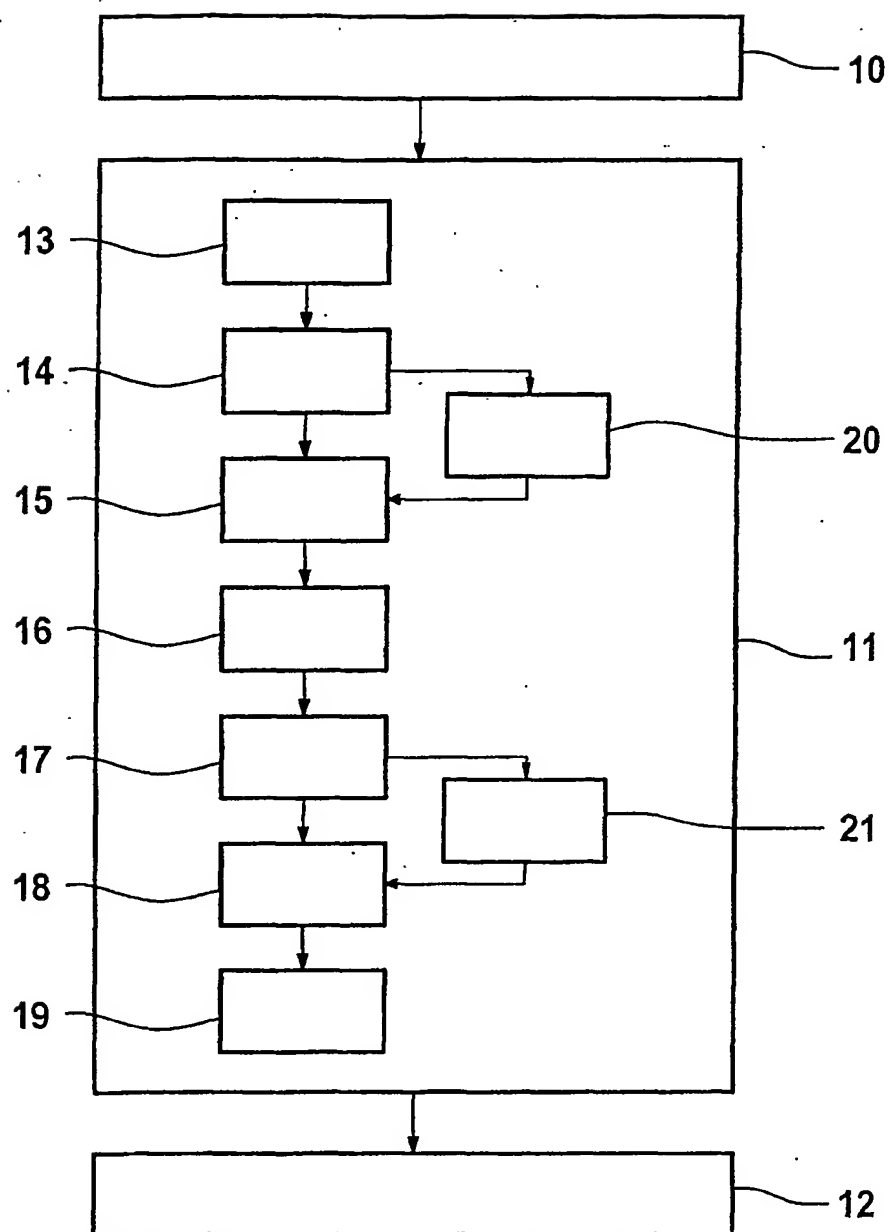
Fig. 1

Fig. 2

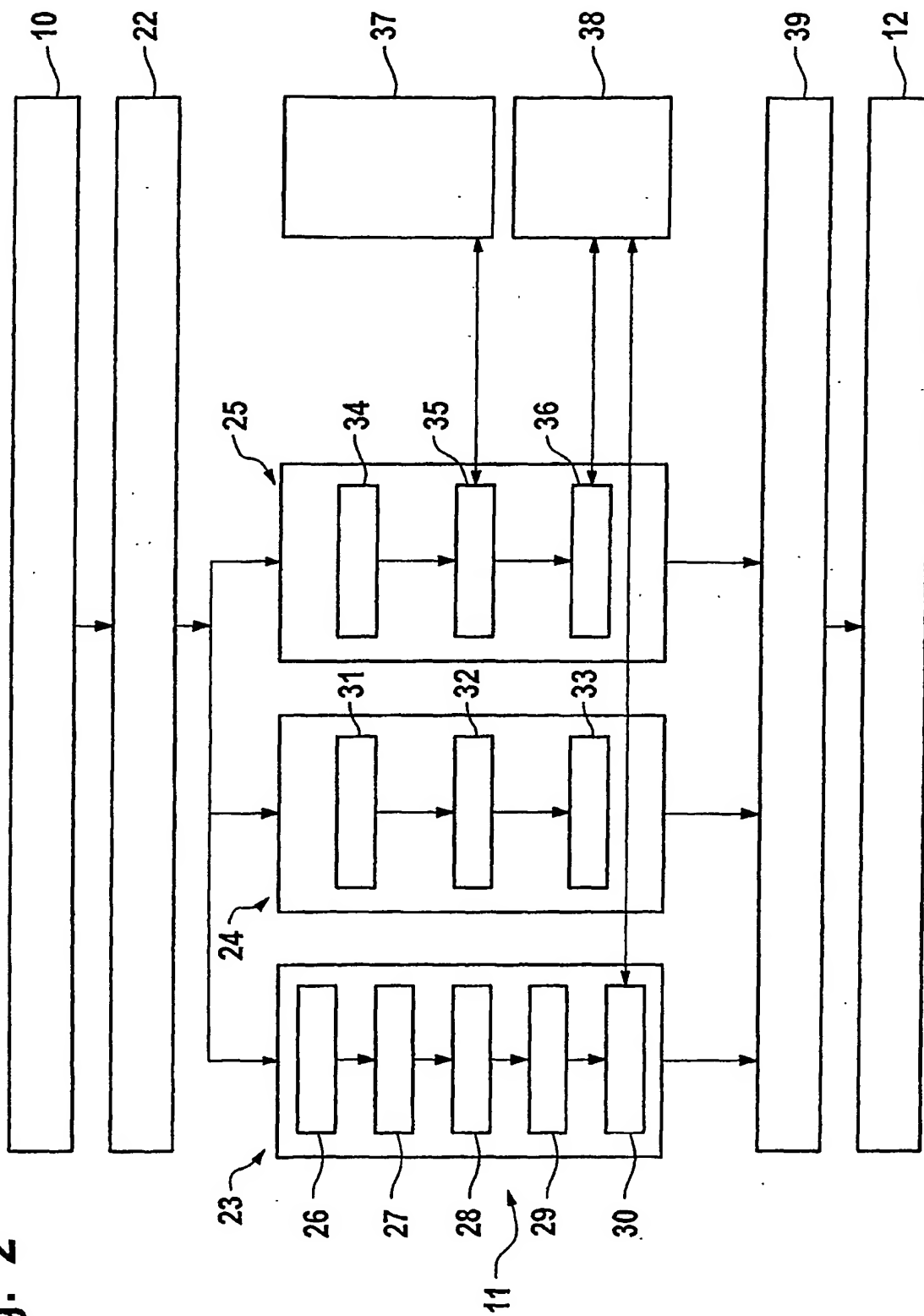


Fig. 3

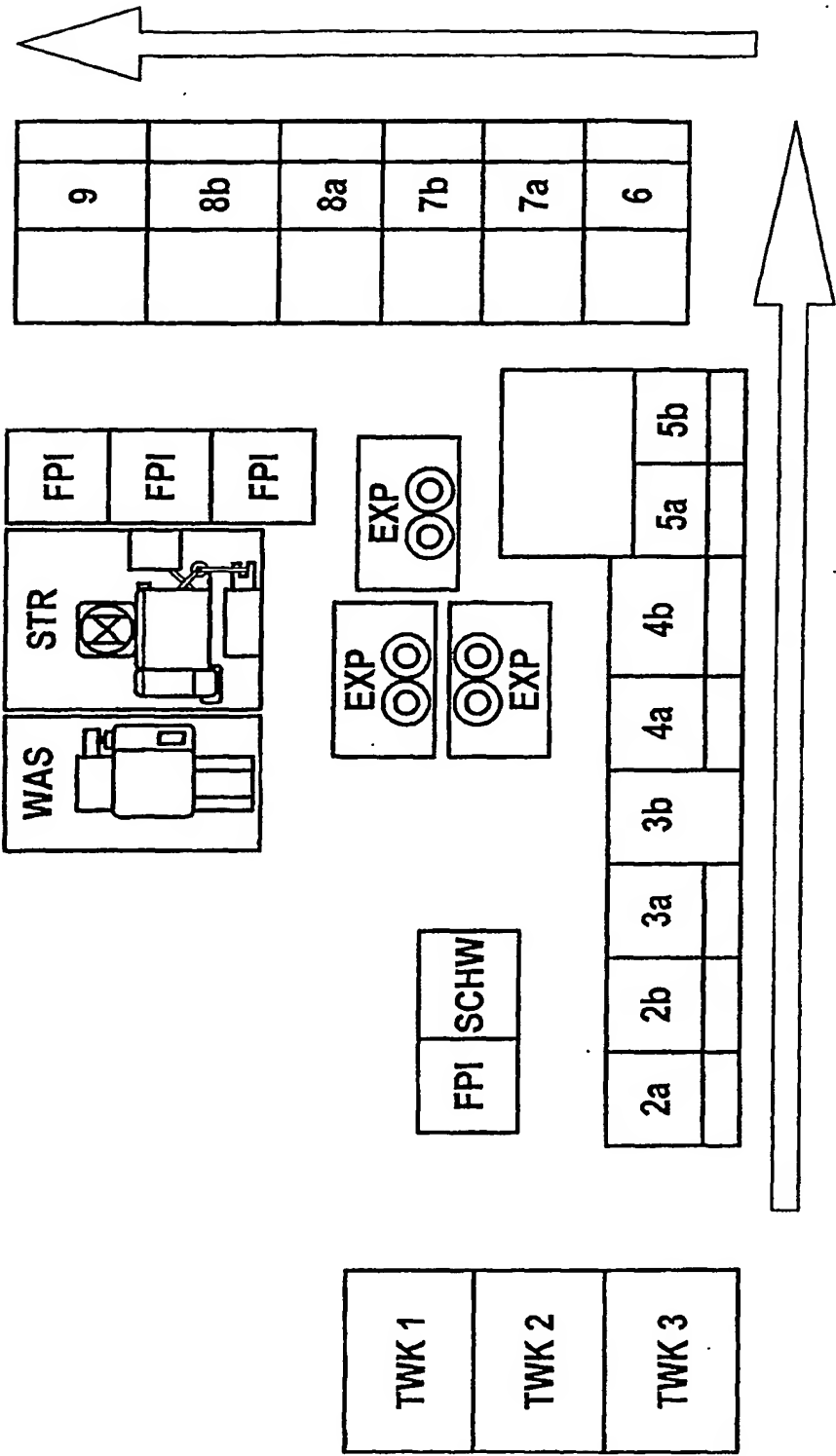
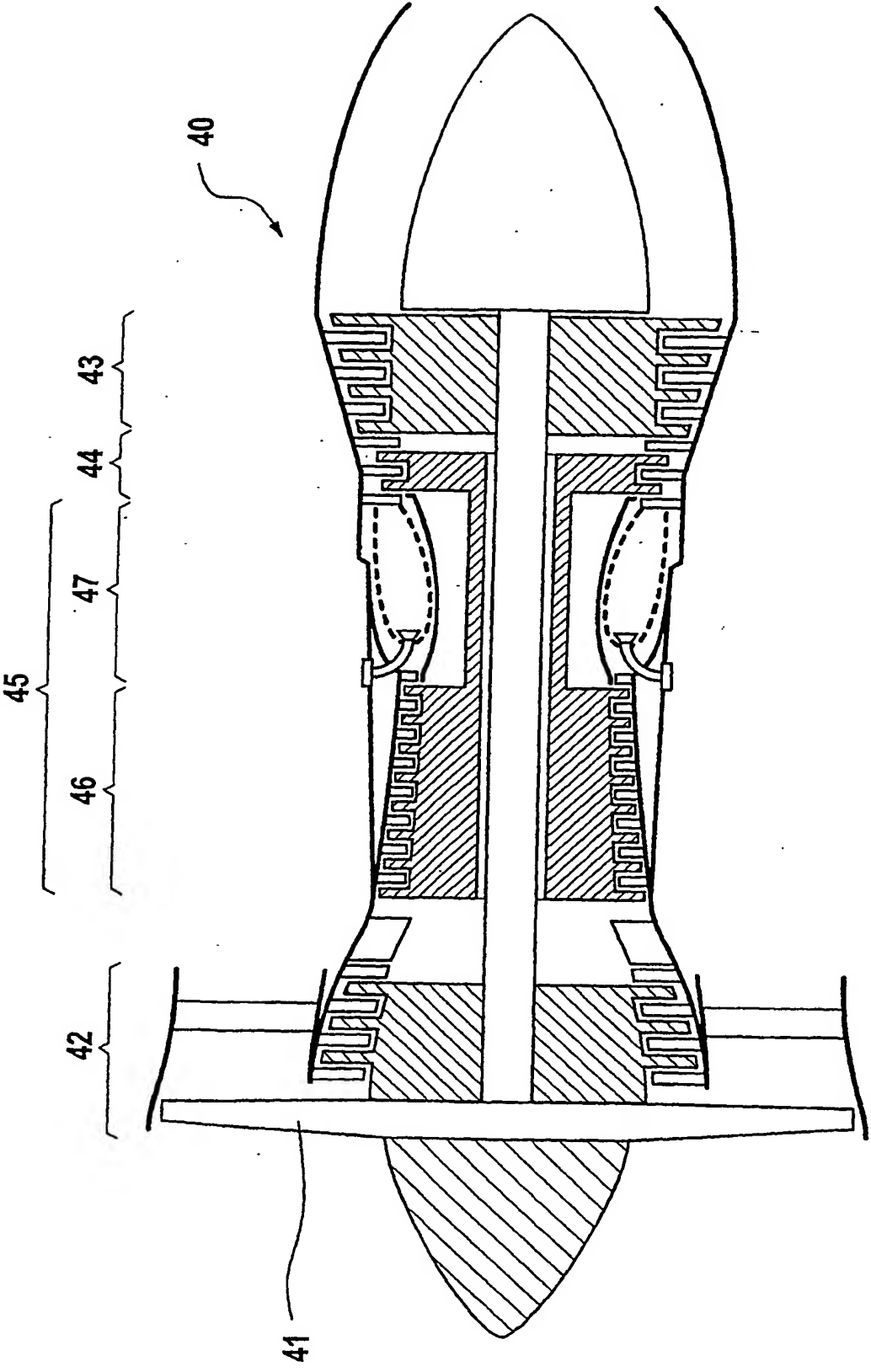


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/004/000656

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F01D5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SAWYER ET AL: "Turbomachinery maintenance handbook" 1980, TURBOMACHINERY INTERNATIONAL PUBLICATIONS, NORWALK, CONNECTICUT, USA, XP002294741 pages 5-40, paragraph OVERHAUL - pages 5-50	1-5, 7-10,12
X	US 5 193 272 A (STAUB FRITZ ET AL) 16 March 1993 (1993-03-16) column 3, line 1 - line 20 column 5, line 65 - column 6, line 30 figure 3	1,3-5,9, 10,12
X	US 5 285 572 A (FAIRBOURN DAVID C ET AL) 15 February 1994 (1994-02-15) column 3, line 5 - column 4, line 19 column 8, line 28 - line 42	1-4,9, 10,12
	-/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 September 2004

Date of mailing of the international search report

22/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Steinhauser, U

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/04/000656

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BREMER C: "KOMPRESSOR-UND TURBINENSCHAUFELN AUTOMATISCH REPARIEREN" WERKSTATT UND BETRIEB, CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN, DE, vol. 129, no. 7/8, 1 August 1996 (1996-08-01), pages 672-674, XP000678763 ISSN: 0043-2792 the whole document -----	1,3-5, 10,12

Information on patent family members

International Application No

PCT/004/000656

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5193272	A	16-03-1993	DE	4039807 C1	02-10-1991
			EP	0493685 A1	08-07-1992
			US	5261480 A	16-11-1993
<hr/>					
US 5285572	A	15-02-1994	NONE		
<hr/>					

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/004/000656

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGS- GEGENSTANDES
IPK 7 F01D5/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	SAWYER ET AL: "Turbomachinery maintenance handbook" 1980, TURBOMACHINERY INTERNATIONAL PUBLICATIONS, NORWALK, CONNECTICUT, USA, XP002294741 Seiten 5-40, Absatz OVERHAUL - Seiten 5-50	1-5, 7-10,12
X	US 5 193 272 A (STAUB FRITZ ET AL) 16. März 1993 (1993-03-16) Spalte 3, Zeile 1 - Zeile 20 Spalte 5, Zeile 65 - Spalte 6, Zeile 30 Abbildung 3	1,3-5,9, 10,12
X	US 5 285 572 A (FAIRBOURN DAVID C ET AL) 15. Februar 1994 (1994-02-15) Spalte 3, Zeile 5 - Spalte 4, Zeile 19 Spalte 8, Zeile 28 - Zeile 42	1-4,9, 10,12
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

3. September 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/09/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Steinhauser, U

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/004/000656

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>BREMER C: "KOMPRESSOR-UND TURBINENSCHAUFELN AUTOMATISCH REPARIEREN" WERKSTATT UND BETRIEB, CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN, DE; Bd. 129, Nr. 7/8, 1. August 1996 (1996-08-01), Seiten 672-674, XP000678763 ISSN: 0043-2792 das ganze Dokument</p>	<p>1,3-5, 10,12</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 04/000656

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5193272 A	16-03-1993	DE 4039807 C1 EP 0493685 A1 US 5261480 A	02-10-1991 08-07-1992 16-11-1993
US 5285572 A	15-02-1994	KEINE	